

Estudio de factibilidad para el equipamiento del laboratorio de máquinas- herramientas para la asignatura Tecnología Industrial 2 en la Universidad de Sonsonate

Feasibility study for the equipment of the machine-tool laboratory for the Industrial Technology 2 course at the University of Sonsonate.

Mario Alonso Escobar Tobías
Universidad de Sonsonate
mescobar@usonsonate.edu.sv
ORCID: 0009-0001-7701-9354

Luis Antonio Toledo Cienfuegos
Universidad de Sonsonate
ltoledo@usonsonate.edu.sv

Resumen

Este artículo de investigación se centra en el estudio de factibilidad para el equipamiento del laboratorio N.º 2 (L2), de la Universidad de Sonsonate, lugar donde se realiza la parte práctica de la asignatura Tecnología Industrial II, y trata sobre la factibilidad de implementar en él, máquinas herramientas de mecanizado convencionales y de control numérico computarizado (CNC). El objetivo principal es realizar un análisis estratégico y evaluar las consideraciones financieras para determinar la viabilidad de establecer un laboratorio equipado con ambos tipos de máquinas. El estudio abarca varios aspectos, incluyendo la demanda del mercado, la infraestructura requerida, el costo de adquisición y mantenimiento de las máquinas CNC, así como los beneficios potenciales y las limitaciones asociadas con esta inversión.

Los laboratorios equipados con estos tipos de maquinaria desempeñan un papel fundamental en la formación y la investigación en el ámbito de la fabricación y la ingeniería. Este artículo tiene como objetivo examinar el equipamiento necesario para establecer un laboratorio de máquinas efectivo. Se analizan también aspectos relacionados con el mantenimiento y el costo. El Objetivo final es proporcionar un guía práctica para aquellos que

deseen establecer o mejorar un laboratorio de máquinas y herramientas.

El equipamiento de máquinas convencionales y CNC es un tema de interés en la industria manufacturera. Este artículo tiene como objetivo evaluar la factibilidad de equipar un laboratorio que contenga los dos tipos de máquinas.

Se analizan estudios de casos, investigaciones previas y la opinión de expertos en el campo. Los resultados indican que este equipamiento puede ser una opción viable en ciertos escenarios, pero también existen limitaciones y consideraciones importantes que deben tenerse en cuenta.

Palabras clave: Máquinas control numérico computarizado, estudio factibilidad, Tecnología Industrial.

Abstract

This research article focuses on the feasibility study for the equipment of laboratory No. 2 (L2), at the University of Sonsonate, where the practical part of the Industrial Technology II course is carried out, and deals with the feasibility of implementing, conventional machining machine tools and computer numerical control (CNC). The main objective is to perform a strategic analysis and evaluate the financial considerations to determine the feasibility of establishing a laboratory equipped with both types of machines. The final goal is to provide a practical guide for those wishing to establish or improve a machine and tool laboratory. Equipment of conventional and CNC machines is a topic of interest in the manufacturing industry. This article is aimed at evaluating the feasibility of equipping a laboratory containing both types of machines. Case studies, previous research, and the opinions of experts in the field are analyzed. The results indicate that this equipment can be a viable option in certain scenarios, but some important limitations and considerations must be considered.

Keywords: Computerized Numerical Control machines, feasibility study, Industrial Technology.

Introducción

La universidad de Sonsonate en su Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales ofrece la carrera de Ingeniería Industrial, la cual reforzó su formación académica en los últimos años, incorporando en sus planes de estudios el diseño e innovación a través de métodos aplicados a proyectos y a sostenibilidad. Por lo que la introducción de un nuevo laboratorio de máquinas-herramientas fortalecerá y dará soporte a futuros proyectos en esa carrera.

Para concretar la idea de crear este laboratorio, se debe investigar, inicialmente, la conveniencia o factibilidad sobre su rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo, por lo que resulta absolutamente necesario realizar el estudio para su implementación (Ruíz, 2012).

En la industria metalmecánica del país, la tecnología CNC se encuentra en sus inicios. Las máquinas-herramientas de mayor presencia en los procesos de mecanizado están constituidas por máquinas convencionales; tanto es así, que no hay empresa de este rubro que no disponga de tornos, fresadoras, limadoras, cepilladoras, y demás, operadas manualmente por trabajadores con mucha experiencia y capacidad.

Lo expuesto anteriormente, permite considerar que la maquinaria convencional, por tradición, juega un papel de mucha importancia en los procesos productivos y de mantenimiento en la industria nacional, por lo que, también, forman parte de la propuesta de equipamiento del laboratorio en estudio y es la razón por la que se incluyen en la presente investigación.

En la industria manufacturera moderna, la maquinaria de control numérico por computadora (CNC, por sus siglas en inglés) ha revolucionado la forma en que se fabrican componentes y productos. Estas máquinas utilizan programas de software y movimientos controlados por ordenador para lograr una precisión y una eficiencia sin precedentes.

Los avances en la tecnología CNC han evolucionado la industria de la fabricación, permitiendo la producción eficiente y precisa de componentes y productos de formas muy complejas de uso industrial. Los laboratorios de dichas máquinas brindan a los estudiantes, investigadores y profesionales la oportunidad de adquirir habilidades prácticas y experiencias en el uso de estas. Sin embargo, establecer un laboratorio adecuado requiere una cuidadosa planificación y consideración de varios factores, entre ellos: lo técnico y el costeo.

Estas máquinas utilizan programas de software y movimientos controlados por ordenador para lograr una precisión y una eficiencia imposible de igualar. Sin embargo, para aprovechar al máximo el potencial de estas máquinas, es esencial contar con un laboratorio adecuado que permita adquirir el conocimiento y habilidades para aprender a trabajar con ellas y descubrir cómo esta tecnología puede contribuir a mejorar los procesos de fabricación (CENTRIC, 2021).

Este laboratorio deberá incluir, necesariamente, las máquinas convencionales, tales como tornos y fresadoras, que son las que permitirán que los estudiantes conozcan y comprendan los diferentes elementos que inciden en los procesos de mecanizado. En este artículo se desarrollaron los elementos clave del equipamiento de laboratorio, necesarios para trabajar con maquinaria CNC, y cómo éstas pueden contribuir a mejorar los procesos de fabricación.

La introducción proporciona una visión general del equipamiento de máquinas destinadas a los procesos de mecanizado y conformación de

piezas por arranque de viruta, convencionales y CNC, y establece el propósito y la relevancia del estudio. En éste se describen los conceptos básicos de dichas máquinas, así como sus características y ventajas. También se exploran los criterios para evaluar la factibilidad del equipamiento; se describe la metodología utilizada para llevar a cabo el estudio comparativo, incluyendo los criterios de selección de casos de estudio y las métricas utilizadas para evaluar la factibilidad (Caiza Suarez, 2015).

Se examinan aspectos como la inversión requerida, los beneficios obtenidos, la productividad y la calidad del producto final. Se discuten las consideraciones prácticas y las limitaciones asociadas al equipamiento de máquinas convencionales y las equipadas con sistemas CNC, así como la compatibilidad, la formación del personal y la adaptabilidad a los requisitos cambiantes.

Este artículo pretende contribuir al conocimiento existente sobre la factibilidad del equipamiento de máquinas operadas manualmente y las operadas por ordenador, y proporcionar información útil para las empresas que consideran esta opción. A través del análisis comparativo y la evaluación de casos de estudio, se espera ofrecer una visión completa y equilibrada de las ventajas y desafíos asociados con este enfoque.

Se comparan y se identifican las ventajas y limitaciones del equipamiento de máquinas convencionales en relación con las máquinas CNC.

En la industria manufacturera, tanto las máquinas convencionales como las máquinas de control numérico computarizado desempeñan un papel crucial en los procesos de producción. La elección entre estas dos tecnologías puede tener un impacto significativo en la eficiencia, precisión y rentabilidad de una empresa. En esta investigación se realiza una revisión exhaustiva sobre la factibilidad de implementación de un laboratorio dedicado a la enseñanza, equipado con ambos tipos de máquinas, analizando los aspectos clave que la Universidad de Sonsonate debe considerar al tomar decisiones de inversión.

Metodología

En este artículo, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el equipamiento de laboratorios con máquinas convencionales y con máquinas controladas por un

software. Se identificaron y analizaron los requisitos técnicos clave, incluyendo la selección de las máquinas adecuadas, los controladores, los sistemas de sujeción, las herramientas de corte y otros accesorios. También se examinaron las consideraciones relacionadas con la seguridad, como los dispositivos de protección y la capacitación en seguridad. Además, se abordaron aspectos importantes como el mantenimiento y los costos asociados con el equipamiento y el funcionamiento del laboratorio.

A lo largo del artículo, se utilizan referencias académicas y estudios de casos relevantes para respaldar los argumentos presentados. La investigación tiene como objetivo proporcionar una guía actualizada sobre la factibilidad del equipamiento de máquinas operadas manualmente y las CNC, ayudando a las empresas interesadas, en este caso a la Universidad de Sonsonate, a tomar decisiones informadas y maximizar su eficiencia en los procesos de modernización.

El artículo pretende proporcionar información útil para la toma de decisiones de la Universidad y, de esta manera, ofrecer una visión completa y equilibrada de las ventajas y desafíos asociados con este enfoque.

Estrategias para maximizar la eficiencia en un laboratorio

- Exploración de enfoques combinados que aprovechen las fortalezas de ambos tipos de máquinas.
- Discusión sobre la importancia de la planificación de los flujos de trabajo y la optimización de los procesos de investigación.
- Descripción de la importancia de los laboratorios en la investigación científica y tecnológica.
- Descripción de las características y funcionamiento de las máquinas empleadas en los procesos de mecanizado

En la metodología a seguir, en la presente investigación, se dan los siguientes casos de estudios:

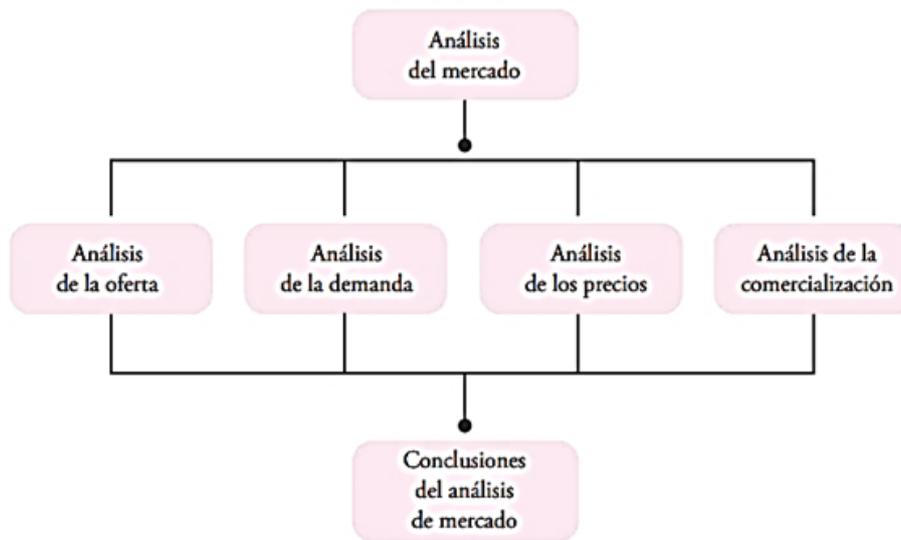
Análisis de mercado

El primer paso en el estudio de factibilidad es realizar un estudio de mercado. Esto implica evaluar la demanda existente y potencial de los servicios que se ofrecerán en el laboratorio. Se deben considerar factores como la competencia, el tamaño del mercado, las tendencias y las necesidades de los estudiantes. Este análisis ayudará a determinar la demanda esperada y el potencial de crecimiento del laboratorio.

La Figura 1 muestra las partes más relevantes del estudio o análisis de mercado.

Figura 1

Estructura del análisis de mercado



Nota. Información basada en datos de Baca Urbina (2013).

Al estudiar el mercado de un proyecto es preciso reconocer todos y cada uno de los agentes que, con su actuación, tendrán algún grado de influencia sobre las decisiones que se tomarán al definir su estrategia comercial. Son cinco, en este sentido, los submercados que se conocerán al realizar un estudio de factibilidad:

- Proveedor
- Competidor
- Distribuidor
- Consumidor, y
- Externo

Este último puede descartarse y sus variables incluirse, según corresponda, en cada uno de los cuatro anteriores (Mendieta, 2005, p. 80).

Infraestructura requerida

El equipamiento de un laboratorio que incluya maquinaria CNC requiere una infraestructura adecuada. Esto incluye un espacio físico suficiente para alojar las máquinas, así como sistemas de electricidad, ventilación y seguridad apropiados. Se debe evaluar la disponibilidad y el costo de adquirir o adaptar el espacio requerido, así como las regulaciones y normativas aplicables.

Formular un proyecto de inversión significa definir y trabajar una serie de variables relacionadas directa e indirectamente con los ingresos y los egresos asociados durante el proceso del desarrollo del proyecto. Lo que siempre se quiere lograr, a la hora de realizar un proyecto, es que sea viable, y un proyecto puede ser viable desde varias perspectivas; en el punto de vista técnico significa que el bien o servicio que se ofrece pueda ser producido o comercializado con la tecnología disponible y asequible para el

Estudio técnico

Objetivos del estudio técnico:

- Analizar y determinar el tamaño de las instalaciones, los equipos, la localización y la organización óptima requerida para realizar la producción.
- Verificar la posibilidad técnica de la fabricación del producto que se pretende innovar. (Mondragon Puerto, 2017, p. 50)

Ingeniería del proyecto

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta. Desde la descripción del proceso, adquisición de equipo y maquinaria, se determina la distribución óptima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva (Baca Urbina, 2013, p. 112).

La ingeniería del proyecto tiene la responsabilidad de seleccionar el proceso de producción de un proyecto cuya disposición en planta conlleva a la adopción de una determinada tecnología y la instalación de obras físicas o servicios básicos de conformidad con los equipos y maquinarias elegidos. También se ocupa del almacenamiento y distribución del producto, de métodos de diseño, de trabajos de laboratorio, de empaques de productos, de obras de infraestructura y de sistemas de distribución (Córdova Padilla, 2011, p. 122).

Estudio económico

Baca Urbina (2013), nos indica que la etapa del estudio económico tiene como objetivo principal: “el ordenamiento y sistematización de la información de carácter monetario y elaboración de los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica” (p. 6).

El estudio económico es una de las fases más importantes antes de comenzar cualquier proyecto, debido a que nos permite visualizar si su puesta en marcha es favorable o no. Sin embargo, la eficacia del estudio dependerá de si se han tenido en cuenta todos los factores que intervienen en el proceso y que pueden suponer un grave riesgo para el éxito de este. (Pérez, 2015)

Evaluación financiera

Describe los métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, anota sus limitaciones de aplicación y los compara con métodos contables de evaluación para mostrar la aplicación práctica de ambos. Esta parte es muy importante, pues es la que al final permite decidir la implantación del proyecto. Normalmente no se encuentran problemas en relación con el mercado o la tecnología disponible que se empleará en la fabricación del producto; por lo tanto, la decisión de inversión casi siempre recae en la evaluación económica. Ahí radica su importancia. Por eso, los métodos y los conceptos aplicados deben ser claros y convincentes para el inversionista (Baca Urbina, 2013, p. 7).

Estudio ambiental

Cuando se habla de impacto ambiental se está hablando principalmente de los daños o transformaciones que las acciones del ser humano e industrias pueden generar en la naturaleza. Por esta razón es de suma importancia el estudio de impacto ambiental en el presente proyecto. A continuación, se presentan diferentes definiciones de estudio de impacto ambiental.

Según Bembibre (2011), el concepto de estudio de impacto ambiental es: “se utiliza para referirse a todos los informes, encuestas, estudios y pruebas realizadas en un entorno antes de que se puedan obtener los resultados de los cambios ambientales”. Los estudios de impacto ambiental se consideran necesarios para determinar si estos cambios programados en el medio ambiente terminan causando más daño. “El estudio de impacto ambiental es un documento técnico que se realiza para valorar los impactos ambientales de un proyecto o actividad sobre el medio ambiente” (Eurofins, 2021).

Resultados

Resultados de la encuesta dirigida a los estudiantes de Ingeniería Industrial

A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron de la encuesta dirigida a los estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonsonate. En cada una de las respuestas se muestra un cuadro de distribución de frecuencias, así como una descripción gráfica y su respectivo análisis.

Tabla 1*¿Qué año cursa?*

| | Frecuencia | Frecuencia relativa |
|-------------|------------|---------------------|
| Primer año | 46 | 18.62 % |
| Segundo año | 46 | 18.62 % |
| Tercer año | 64 | 25.91 % |
| Cuarto año | 40 | 16.19 % |
| Quinto año | 51 | 20.65 % |
| Total | 247 | 100.00 % |

El propósito de pasar el cuestionario a los estudiantes de Ingeniería Industrial fue para conocer sus opiniones sobre tener en la Universidad instaladas las máquinas-herramientas, y a la vez conocer si están interesados en los cursos libres que se tienen proyectados realizar. Lastimosamente sólo se logró encuestar el 87 % de la población estudiantil de la carrera, en diferentes años de estudio (Tabla 1).

Tabla 2

¿Le parece adecuado, para cambiar de ambiente, que las prácticas de Tecnología Industrial II se realicen en el Instituto Nacional de Acajutla y en el Instituto Nacional Thomas Jefferson?

| Alternativa | Frecuencia | Frecuencia relativa |
|-------------|------------|---------------------|
| Si | 179 | 72.47 % |
| No | 68 | 27.53 % |
| Total | 247 | 100.00 % |

Con el resultado de la Tabla 2, se obtiene que un 72.47 % están de acuerdo que las prácticas se realicen fuera de la Universidad y un 27.53 % que no, esto indica que aun siendo la mayoría del municipio de Sonsonate y sus alrededores, pueden salir del municipio para realizar sus prácticas.

Tabla 3

¿Estaría usted de acuerdo en que se incremente dicha cuota, por ejemplo, a \$40?00, y que las prácticas se realicen en la USO?

| Alternativa | Frecuencia | Frecuencia relativa |
|-------------|------------|---------------------|
| Si | 128 | 51.82 % |
| No | 119 | 48.18 % |
| Total | 247 | 100.00 % |

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la pregunta "Actualmente, la cuota por el laboratorio de la asignatura Tecnología Industrial II, es de \$30.00 y las prácticas se realizan en el Instituto Nacional de Acajutla. Estaría usted de acuerdo en que se incremente dicha cuota, por ejemplo, a \$40.00, y que las prácticas se realicen en la USO?" Se puede visualizar que es poco el margen que existe en los que están de acuerdo en incrementar la cuota de pago, que es de 51.82 % positivo, contra un 48.18 % negativo; por lo que, podría proponerse, para que se tenga un mayor margen de aceptación sobre que los laboratorios se realicen en la universidad, dividir el pago de este laboratorio en dos cuotas.

Tabla 4

¿Considera que la realización de estas prácticas contribuye a la formación complementaria, responsable, necesaria y segura de los estudiantes de esta carrera?

| Alternativa | Frecuencia | Frecuencia relativa |
|-------------|------------|---------------------|
| Si | 245 | 99.19 % |
| No | 2 | 0.81 % |
| Total | 247 | 100.00 % |

Se aprecia en la Tabla 4 que, en un 99.19 %, los estudiantes creen necesario tener un fortalecimiento en las prácticas con este tipo de maquinarias. Por lo que se confirma la importancia del reforzamiento de la parte teórica con la práctica en el uso y manejo de máquinas, tanto convencionales como CNC.

Tabla 5

¿Si se impartieran, cancelando un precio justo, cursos libres sobre el manejo avanzado de las máquinas-herramientas que usted usa en este laboratorio, le interesaría recibirlos?

| Alternativa | Frecuencia | Frecuencia relativa |
|-------------|------------|---------------------|
| Si | 237 | 95.95 % |
| No | 10 | 4.05 % |
| Total | 247 | 100.00 % |

De acuerdo con los datos de la Tabla 5, el 95.95 % responde que considera viable recibir cursos libres sobre máquinas-herramientas; esto ayudará para que los estudiantes mejoren sus conocimientos prácticos, al mismo tiempo les dará experiencia y capacidad para el manejo de estas.

En general

Se obtuvo información importante de la población estudiantil sobre la conveniencia de la instalación de estas máquinas-herramientas, dejando una clara opinión sobre sus preferencias relacionadas con estas.

De igual manera manifestaron que es importante la realización de los cursos libres, ya que estos les ayudaría a afianzar más sus conocimientos para el adecuado manejo.

En las carreras técnicas se hace indispensable contar con un laboratorio o centro de aprendizaje, en donde realizar las prácticas para complementar las clases teóricas impartidas en las aulas. La universidad actualmente cuenta con convenios con otras instituciones educativas para que los estudiantes puedan realizar dichas experiencias, pero al contar con estas máquinas-herramientas propias, una de las ventajas sería que estos estudiantes no tendrán la necesidad de viajar a otros municipios.

Discusión

El uso de máquinas-herramientas, tal como tornos y fresadoras, entre otras, es básica para la fabricación, reparación y mantenimiento de los equipos utilizados en la gran mayoría de los procesos industriales, siendo ellas mismas en sí, componentes de la gran industria de fabricación de variedad de equipos mecánicos, de vital importancia en innumerables procesos productivos a nivel mundial.

La carrera de Ingeniería Industrial, y específicamente, la asignatura Tecnología Industrial, tiene como propósito capacitar a sus egresados, tanto en la parte teórica como en la práctica, sobre los aspectos administrativos y operativos, relacionados al manejo y el conocimiento de los principios de funcionamiento, de este tipo de maquinaria.

Este proceso enseñanza-aprendizaje, para su efectivo desempeño, necesariamente debe acompañarse de la realización de experiencias reales sobre el conocimiento y dominio de la parte operativa de esta maquinaria, lo que facultará al egresado para su óptimo desempeño en el campo profesional, como asesor o supervisor en empresas cuyos procesos productivos estén relacionados con el uso de estos equipos.

La industria nacional cuenta y opera utilizando, en la mayoría de las empresas, maquinaria convencional, y, algunas de ellas, maquinaria moderna como son las asistidas por computadora o CNC. Esta situación hace necesaria la capacitación de nuestros egresados sobre dos líneas diferentes de manejo de maquinaria, que, aun siendo las mismas, difieren en la forma de operarlas.

El manejo de la maquinaria convencional requiere la participación mental y manual activa del operario, para obtener de la máquina la realización de las operaciones previstas para la conformación de las piezas que en ella se elaboran. Esto exige del operario el conocimiento de los principios que rigen el mecanizado por arranque de viruta, tales como el filo de la herramienta, el material del que está fabricada, el tipo de material que se trabaja, la velocidad de corte, el avance de la herramienta, la profundidad de corte, la refrigeración, el tipo de montaje de la pieza, y otros, así como la habilidad para impartir a la máquina los movimientos necesarios, según la forma de la pieza, en las diferentes fases del proceso de construcción.

Las máquinas-herramientas controladas por computadora son la manifestación, en nuestro medio, de la más moderna tecnología, aunque en países desarrollados esta maquinaria tenga muchos años de estar aplicándose en todos los procesos productivos. Esta situación, y por el incremento gradual de la presencia de este tipo de máquinas en la industria del mecanizado, exige que, en la formación de los ingenieros industriales, se incluyan también conocimientos y experiencias prácticas sobre programación y operación de éstas.

Origen del proyecto

Analizar la posibilidad de implementar un laboratorio de máquinas-herramientas para uso de los estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial, con el propósito de optimizar los recursos que intervienen en la capacitación técnica de éstos, brindándoles la oportunidad de conocer en teoría y de adquirir en la práctica, el dominio operativo de las máquinas de mayor presencia y uso en los procesos industriales del país.

Finalidad del proyecto

Incrementar la capacidad técnica de nuestros egresados optimizando su desenvolvimiento y desempeño en el ámbito productivo de la industria nacional, con la visión de también ser efectivos en cualquier país donde se desarrollen procesos de mecanizado en similares condiciones.

Un proyecto es, ni más ni menos, la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver, entre tantos, una necesidad humana. Cualquiera que sea la idea que se pretende implementar, la inversión, la metodología o la tecnología por aplicar, conlleva necesariamente la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades humanas (Sapag Chain et al., 2008).

Problemática de interés

Como institución educativa de nivel superior, el interés radica en ser autosuficientes y poseer los recursos propios necesarios para la atención total de los procesos formativos de sus estudiantes. Actualmente se tiene que hacer arreglos económicos con otras instituciones para lograr realizar las prácticas sobre el manejo de las máquinas-herramientas mencionadas con anterioridad en este documento.

Demanda según resultados obtenidos

- La mayoría de los estudiantes reside en Sonsonate o en municipalidades muy (66 %), por lo que les resulta más favorable desplazarse, como normalmente lo hacen, hasta la ubicación de la USO. De igual manera, a los demás residentes, en lugares un tanto más retirado de Sonsonate, también les resulta más práctico desplazarse hasta la universidad, que, hasta Acajutla, a excepción de quienes residen en Acajutla, que son el 9.31 %.
- A pesar del alto porcentaje de estudiantes, 72.47 %, que considera aceptable el hecho de desplazarse fuera de la universidad para realizar sus prácticas de laboratorio de la asignatura Tecnología Industrial II; la USO, como responsable de las actividades formativas de sus estudiantes, y por lo tanto, asumiendo la responsabilidad de salvaguardar la integridad física de estos durante este proceso, y previendo cualquier situación riesgosa que pueda darse durante este desplazamiento adicional de estos jóvenes, tiene el firme propósito de implementar su propio laboratorio de máquinas-herramientas, ubicándolo dentro de sus actuales instalaciones.
- Al consultar sobre la aceptación de un posible incremento en la cuota correspondiente al uso de este laboratorio, el 51.82 % de los estudiantes expresó su acuerdo. Este resultado sugiere que más de la mitad de los

encuestados está consciente del gasto adicional y la incomodidad que representa desplazarse hasta Acajutla, lo que indica un entendimiento de la propuesta y sus implicaciones económicas. Por otro lado, el 48.18 % restante, que se opuso al incremento, podría no haber considerado plenamente la situación o tener otras preocupaciones económicas que influyan en su rechazo. Esta división refleja una ligera preferencia hacia la aceptación del aumento, pero también destaca la necesidad de explorar más a fondo las razones detrás de la oposición para asegurar una decisión informada y equitativa. Aclaración necesaria: se hace notar que este aumento propuesto en la encuesta no es oficial, es decir, lo proponen los investigadores para conocer la reacción de los interesados en cuanto a esta posibilidad. En caso de darse esta situación, será el Consejo de Directores, quienes, en su oportunidad y previo análisis, tomarán la respectiva decisión sobre los aranceles en general de la universidad.

- Consultados los encuestados sobre la posibilidad de costearse capacitaciones adicionales sobre el uso de las máquinas-herramientas del laboratorio, cuando ya esté instalado totalmente, la gran mayoría, el 95.95 %, manifestó tener interés por este servicio, situación que favorece la recuperación gradual de la inversión que se realizaría en su implementación.

- La demanda de capacitación sobre las tres máquinas propuestas en el cuestionario presenta gran similitud en preferencia por las tres, siendo para cada una de ellas, superior al 73 %. Por consiguiente, se aprecia que podrá implementarse las capacitaciones sobre las máquinas en mención y obtener una participación considerable en cada caso.

Consideraciones sobre el equipo

Las máquinas-herramientas de mayor presencia en la industria nacional, utilizadas en los procesos de conformado por arranque de viruta, son las que, hasta este momento, se han considerado en la presente investigación, es decir: el torno paralelo horizontal y la fresadora universal, ambas máquinas convencionales; y se han incluido, como respuesta al incremento gradual de máquinas de mecanizado con tecnología más avanzada, utilizadas principalmente en empresas cuyos procesos se basan en la producción en serie, el torno CNC, y la fresadora, también CNC.

Se pretende con esta investigación, hacer notar la importancia que, para los graduados de la carrera Ingeniería Industrial, representa el conocimiento teórico y práctico sobre ambas tecnologías, la convencional y la CNC.

Las máquinas convencionales, comparadas con las CNC, en cuanto a productividad, se encuentran en desventaja. Pero, para la elaboración de trabajos unitarios, podría suceder que, en el tiempo que tarda el programador en diseñar e implementar el software, en la máquina convencional ya se habrá elaborado las piezas solicitadas.

Las máquinas convencionales exigen de su operador, el conocimiento y dominio de los aspectos técnicos que condicionan los procesos de mecanizado, como son: velocidad de corte, tipos de materiales a trabajar, material de las herramientas, tipos de filos, refrigeración, profundidad de corte, avance, normas de seguridad e higiene, y muchos otros más, que exigen del operario una preparación, tanto mental como física que, con la práctica, lo capacitan para diseñar y comprender la secuencia lógica de las etapas de los procesos de conformado por arranque de viruta. De igual manera, el operario de máquinas convencionales adquiere la habilidad manual y sensorial para la manipulación correcta de los mandos operativos de las máquinas a su cargo, sean, en este caso, tornos o fresadoras.

La productividad, precisión, comodidad, seguridad, entre otros aspectos, que identifican a las máquinas CNC, las hacen preferibles, en relación con las convencionales, esto se basa en que las CNC, cumplen con los aspectos señalados y aún más. En los procesos de producción en serie son insustituibles. Algunas limitantes que pueden ser consideradas en un análisis comparativo entre la utilidad práctica de las CNC comparadas con las convencionales pueden ser: la inversión inicial: el costo de las CNC es mucho mayor que el de las convencionales; el mantenimiento también es mucho más caro, la capacitación del personal encargado de su operación es también mayor. En la industria nacional, la existencia de este tipo de máquinas es, por el momento, bastante limitada, pues no son muchas empresas que procesan piezas metálicas en serie, a pesar de que gradualmente su presencia se va incrementando, por lo que resulta de gran importancia que el graduado de Ingeniería Industrial adquiera las bases necesarias para la programación y la utilización de estas (CENTRIC, 2021).

Por lo anteriormente expuesto, se considera que ambos tipos de máquinas, CNC y convencionales, cada una en su campo, juegan un papel importante en los procesos de mecanizado; dependerá del tipo de producción al que la empresa se dedique. Por lo general, una empresa dedicada a la producción en serie, además de la maquinaria CNC que utilice, le resultará conveniente disponer también de maquinaria convencional. Si el rubro al que se dedica la empresa no es en producción en serie, difícilmente le resultará rentable la adquisición de maquinaria de tecnología avanzada. Es también importante mencionar que lo recomendable para que una persona pueda comprender y aplicar secuencias lógicas en la programación de una máquina CNC, previamente debe conocer el manejo, la teoría y la operatividad relacionada con la maquinaria convencional.

La cantidad de equipo que se propone adquirir debe estar en relación directa a la cantidad de estudiantes cursando simultáneamente la asignatura. Considerando que el promedio puede variar entre 90 y 120 inscritos en el ciclo correspondiente, lo recomendable, para que cada alumno, es decir, todos, puedan realizar sus prácticas disponiendo de un tiempo aceptable en cada máquina, un mínimo de 6 horas, que dependerá del ejercicio programado, deberá adquirirse, un mínimo ideal, 6 tornos paralelos, 3 fresadoras universales, 1 torno CNC y 1 fresadora también CNC. Esta variedad y cantidad de máquinas permitirán realizar una programación rotativa de puestos de trabajo en la cual todos los alumnos realicen sus prácticas en todas las máquinas mencionadas.

Estudio económico

Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y estudiar los antecedentes para determinar su rentabilidad. La sistematización de la información financiera consiste en identificar y ordenar todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos (Sapag Chain et al., 2014, p. 34).

Inversiones

Evaluar un proyecto puede llevar a conclusiones erradas respecto de este. No todos los proyectos, por rentables que sean, deben implementarse de inmediato, aun cuando existan los recursos necesarios, si se detecta que podría maximizarse su rentabilidad postergando su iniciación (Sapag Chain et al., 2014, p. 35).

Las inversiones efectuadas previas a la puesta en marcha del proyecto se pueden agrupar en tres tipos: inversión fija, inversión diferida o intangible, y capital de trabajo.

Inversión fija

Mobiliario y equipo: consiste en aquellos materiales y equipos necesarios para llevar a cabo las operaciones de la institución. También las inversiones fijas son las que tienen una vida útil mayor a un año y se deprecian conforme al tiempo, y cuya finalidad es proveer las condiciones necesarias para poner en marcha el proyecto, que serán invertidas en el primer año de funcionamiento.

Tabla 6

Mobiliario y equipo

| Mobiliario y Equipo | | | |
|----------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|
| Mobiliario | | | |
| Recurso | Cantidad | Precio unitario (US\$) | Total (US\$) |
| Escritorio | 1 | 125.00 | 125.00 |
| Silla secretaria | 1 | 69.00 | 69.00 |
| Casillero | 1 | 279.00 | 279.00 |
| Mesa para computadoras | 5 | 69.00 | 345.00 |
| Sillas de espera | 5 | 35.00 | 175.00 |
| Subtotal | | | 993.00 |
| Equipo | | | |
| Computadora | 5 | 499.00 | 2,495.00 |
| Impresora | 1 | 35.00 | 35.00 |
| Fresadora universal | 3 | 14,000.00 | 42,000.00 |
| Torno paralelo horizontal | 6 | 11,000.00 | 66,000.00 |
| Fresadora CNC | 1 | 16,950.00 | 16,950.00 |
| Torno CNC | 1 | 36,160.00 | 36,160.00 |
| Esmeril de banco | 1 | 237.25 | 237.25 |
| Pie de rey digital | 2 | 20.95 | 41.90 |
| Pie de rey convencional | 6 | 14.95 | 89.70 |
| Micrómetro | 6 | 16.95 | 101.70 |
| Comparadores de reloj | 3 | 34.75 | 104.25 |
| Subtotal | | | 164,214.80 |
| Total | | | 165,207.80 |

TEMA 6

Inversión diferida

Estas inversiones se realizan en bienes y servicios que son indispensables para el proyecto, pero no intervienen directamente en el funcionamiento del laboratorio. Para el proyecto y en su etapa inicial, los activos diferidos relevantes son:

- Compra de equipo de mitigación de incendios

Tabla 7

Compra de equipo de mitigación de incendio

| Descripción | Cantidad | Precio unitario (US\$) | Total (US\$) |
|--|----------|------------------------|---------------|
| Extintor 15 Lb A. B, C | 2 | 115.00 | 230.00 |
| Rotulo extintor color rojo y blanco, dimensiones: 25x36 cm | 2 | 3.85 | 7.70 |
| Rotulo uso de extintor, ancho 20cm x alto 30cm | 2 | 3.95 | 7.90 |
| Total | | | 245.60 |

Capital de trabajo

El capital de trabajo es el recurso financiero con el que se debe contar para que el proyecto empiece a operar, este es de suma importancia para respaldar los primeros meses de operación.

Se ha enfatizado en la necesidad de justificar la capacidad financiera de los inversionistas; de ese modo, en vista de que en el cronograma de inversiones se hace una discriminación clara de las necesidades totales de capital, se cita el capital disponible de los inversionistas, el cual limita en gran medida el desarrollo del proyecto, y se fijan los elementos de financiamiento externo necesarios para cumplir con los objetivos del proyecto (Córdoba Padilla, 2011, p. 194).

A continuación, se detallan los aspectos que componen los costos que conformarán el capital de trabajo para el primer mes de funcionamiento.

Tabla 8

Cálculo insumos materia prima

| Materia prima | | | | |
|----------------------------|----------|--------|------------------------|---------------|
| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (US\$) | Total (US\$) |
| Aluminio 2" redondo | 3 | m | 150.00 | 450.00 |
| Aluminio 1" redondo | 3 | m | 40.00 | 120.00 |
| Pletina 2" x3/4"l | 3 | m | 72.00 | 216.00 |
| Aceite soluble (Taladrina) | 2 | galón | 39.95 | 79.90 |
| Buril de 3/8 x 4" | 6 | c/u | 9.95 | 59.70 |
| Buril de 1/2 x 4" | 6 | c/u | 11.95 | 71.70 |
| Total | | | | 997.30 |

A continuación, se presenta el total de inversión del proyecto

Tabla 9

Inversión del proyecto

| N° | Concepto | Total (US\$) |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 | Mobiliario y equipo | 165,207.80 |
| 2 | Equipo mitigación de incendio | 245.6 |
| 3 | Materia prima | 997.30 |
| 5 | Consumo de energía eléctrica | 3,178.53 |
| 6 | Imprevistos (2%) | 3,392.58 |
| Total, capital de trabajo | | 173,021.81 |

El 2 % de imprevistos se utilizará como una medida de protección para la inversión, para que no se detenga alguna actividad o compra importante si hubiere una variación con el precio estimado.

Financiamiento de la inversión

La inversión del proyecto se realizará con fondos propios

Ingreso por pago de laboratorio

El pago de laboratorio por alumno es equivalente a \$30.00; se tiene un promedio de alumnos cada ciclo 02 de 90, por lo que el ingreso podría equivaler a $90 \times 30 = \$2,700.00$

Cornograma de la inversión

Cabe destacar que en el año 2024 se iniciará la inversión fija e instalación de los equipos.

Tabla 10

Flujo de efectivo

| CONCEPTO | AÑOS | | | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| INGRESOS | | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 |
| PRESTACION DE SERVICIOS | | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 | \$ 2,700.00 |
| EGRESOS | | | | | | |
| INVERSION INICIAL | \$ 165,207.80 | | | | | |
| Maquinaria y Equipo | \$ 165,207.80 | | | | | |
| COSTO POR PRESTACION DE SERVICIO | \$ - | \$ 24,334.79 | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 |
| Materiales e insumos de laboratorio | | \$ 997.30 | | | | |
| Mantemiento de quipo de incendio | | \$ 245.60 | | | | |
| Consumo de Energía Electrica | | \$ 3,178.53 | | | | |
| Depreciacion de Maquinaria | | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 | \$ 16,520.78 |
| Otros | | \$ 3,392.58 | | | | |
| COSTOS ADMINISTRATIVOS | \$ 1,806.30 | \$ 1,806.30 | \$ 1,806.30 | \$ 1,806.30 | \$ 1,806.30 | \$ 1,806.30 |
| Sueldo y salrios | | | | | | |
| Combustible | | | | | | |
| Cuotas patronales | | | | | | |
| Otros | | | | | | |
| Caja | | | | | | |
| Ingresos menos Egresos | \$ (167,014.10) | \$ (23,441.09) | \$ (15,627.08) | \$ (15,627.08) | \$ (15,627.08) | \$ (15,627.08) |

Se logra percibir, con los cálculos preliminares mostrados en la Tabla 10, que solamente con el aporte de los estudiantes en concepto de pago por derecho del laboratorio, no se puede considerar rentable la inversión, y que habría que considerar otras posibles actividades de uso de estos equipos, para buscar recuperar la inversión y, además, volverla rentable.

Estudio ambiental

Residuos

Los residuos generados por el proyecto se limitan a los desperdicios producidos en los procesos de mecanizado por arranque de material (virutas), por lo que estos serán acumulados en recipientes acondicionados para este propósito y luego reciclados por medio de los comercializadores locales de chatarra.

Referencias

- Baca Urbina, G. (2013). Evaluación de proyectos (7ma ed.). Mexico: McGraw-Hill. https://www.uachatec.com.mx/wp-content/uploads/2019/05/LIBRO-Evaluaci%C2%A2n-de-proyectos-7ma-Edici%C2%A2n-Gabriel-Baca-Urbina-FREELIBROS.ORG_.pdf
- CENTRIC. (21 de diciembre de 2021). ¿Qué es una máquina CNC y cómo ayuda en los procesos industriales? <https://centricdemexico.com/maquina-cnc/>
- Córdoba Padilla, M. (2011). Formulación y Evaluación de Proyectos. Ecoe ediciones.
- Eurofins. (5 de julio de 2021). ¿Qué es lo que se evalúa en un estudio de impacto ambiental? Eurofins Envira Ingenieros Asesores. <https://envira.es/es/estudio-impacto-ambiental/>
- Caiza Suarez, D. F. (agosto de 2015). Diseño e implementación de un taller de máquinas-herramientas en la Universidad Técnica de Cotopaxi, sede La Maná del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, año 2013. [Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Mendieta A, B. G. (2005). Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Universidad Nacional Agraria.
- Mondragon Puerto, D. (2017). Formulación y Evaluación de Proyectos. Fondo editorial Areandino.
- Pérez, A. (2 de febrero de 2015). OBS . <https://www.obsbusiness.school/blog/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto#:~:text=El%20estudio%20econ%C3%B3mico%20del%20proyecto,su%20viabilidad%20no%20ser%C3%A1%20fiable.>
- Ruíz, B. W. (septiembre de 2012). Equipamiento de un laboratorio industrial para la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la UNAN FAREM Matagalpa. Proyecto de desarrollo social. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua .Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag P, J. M. (2008). Preparación y Evaluación de Proyectos. McGraw Hill.